トランスドライブ方式でA2級までスイング，最大出力21W

東芝813シングルパワーアンプ

柳沢正史 YANAGISAWA Masashi

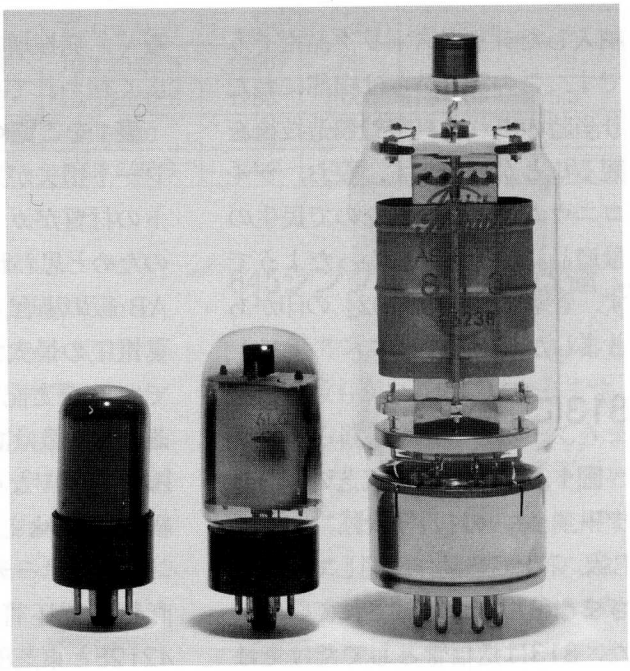
真空管パワーアンプを作る動機は，だいたいにおいて，変わった部品を見つけたとか，安かったからとか，衝動的なものが多い．今回筆者は，行き付けの真空管販売店で，プレートがグラファイトではなくニッケル・ジルコニウムの美しい東芝813に出会ってしまった．こうなるときっといい音が出るに違いないと確信し，すぐさま既存の845シングルパワーアンプを改造してその音を確認したのだった．800V以上のB電圧による送信管ならではのヌケのよいサウンドを堪能できるアンプに仕上がった．

はじめに

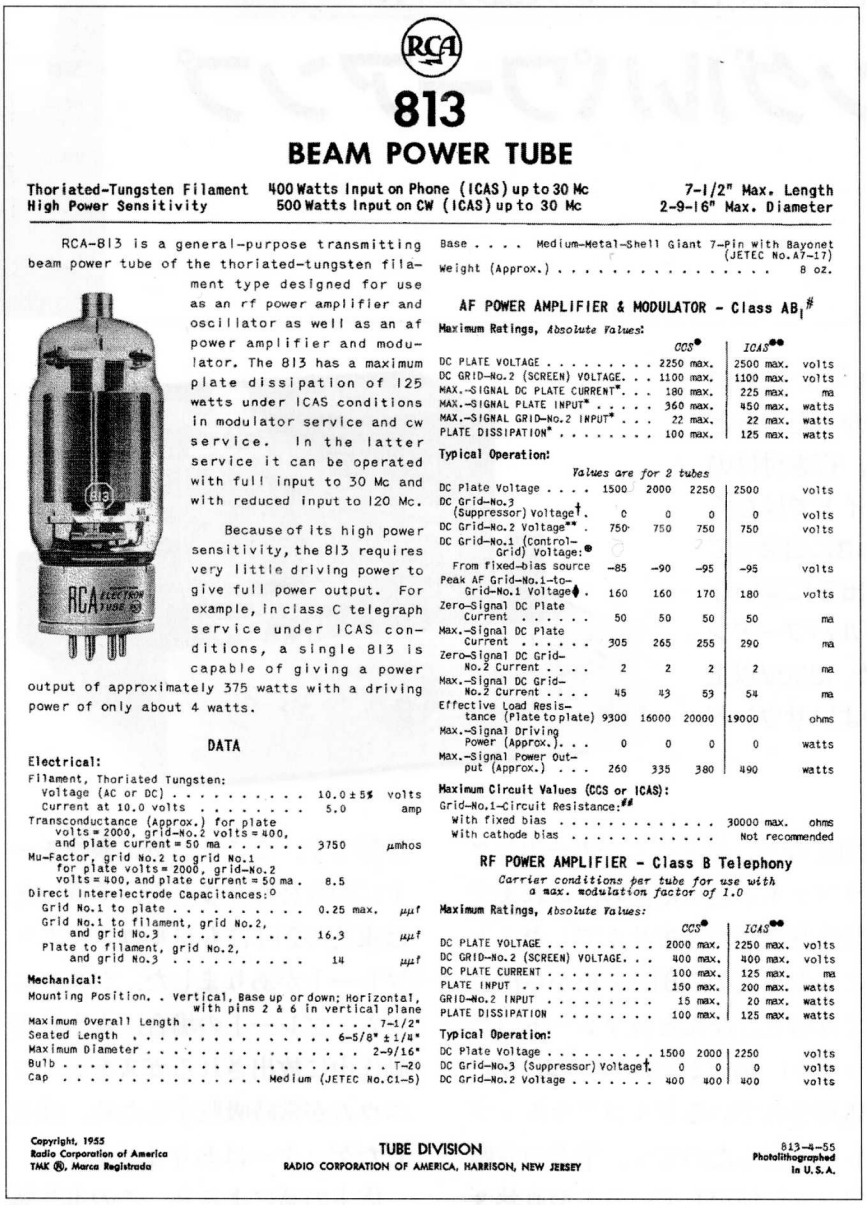
本誌に掲載された筆者の高B電圧アンプは，5年前の845シングルアンプ（2005年12月号）が最後でした．他にも超弩級の845パラプッシュプルアンプ（1997年12月号）をはじめ，845バランスド・シングルアンプ（1998年12月号，1999年1月号）やSTC4212Eシングルアンプ（2002年8月号，9月号）の高B電圧アンプがありました．845シングルアンプが完成した折には，そろそろ高B電圧アンプも卒業かなと思ったりしたものです．しかし，そんな考えなど吹き飛んでしまい，またもや高B電圧アンプを製作することになったのは偶然の巡り合わせでした．

きっかけは東芝製の813（4B13）を店頭で見かけたことです．813は直熱ビーム送信管で戦後の業務用送信機やアマチュア無線にも広く使われていましたが，トッププレート管だったことと，プレートの材質がRCA，ロシア，中国，NECなど，ほとんどがカーボングラファイトだったため，これまで製作意欲がわきませんでした．ところが東芝製の813を箱から出してみると，なんと板プレート（ニッケル）表面にジルコニウム（Zr）処理されているジルコニウム・プレートだったのです．筆者の旗艦アンプに使用している大型直熱3極管STC4212Eのプレートと同じ仕様です．ここで一気に製作モードに切り替わりました．そういえば東芝の211にもジルコニウム・プレートがありました．ジルコニウム・プレートの場合，真空管の動作中に放出されるガスをジルコニウムが常時吸収するため，独立したゲッターはありません．

店主の話によると，この東芝製の813は防衛庁（省ではない）に



左から，RCA 6SN7，GE 6L6GC，東芝813．813の管壁には製造年月が印刷されている



RCA

813

BEAM POWER TUBE

Thoriated-Tungsten Filament — **400 Watts Input on Phone (ICAS) up to 30 Mc** — **7-1/2" Max. Length**
High Power Sensitivity — **500 Watts Input on CW (ICAS) up to 30 Mc** — **2-9-16" Max. Diameter**

RCA-813 is a general-purpose transmitting beam power tube of the thoriated-tungsten filament type designed for use as an rf power amplifier and oscillator as well as an af power amplifier and modulator. The 813 has a maximum plate dissipation of 125 watts under ICAS conditions in modulator service and cw service. In the latter service it can be operated with full input to 30 Mc and with reduced input to 120 Mc.

Because of its high power sensitivity, the 813 requires very little driving power to give full power output. For example, in class C telegraph service under ICAS conditions, a single 813 is capable of giving a power output of approximately 375 watts with a driving power of only about 4 watts.

DATA

Electrical:

Filament, Thoriated Tungsten:		
Voltage (AC or DC)	10.0±5%	volts
Current at 10.0 volts	5.0	amp
Transconductance (Approx.) for plate volts = 2000, grid-No.2 volts = 400, and plate current = 50 ma	3750	μmhos
Mu-Factor, grid No.2 to grid No.1 for plate volts = 2000, grid-No.2 volts = 400, and plate current = 50 ma.	8.5	
Direct Interelectrode Capacitances:		
Grid No.1 to plate	0.25 max.	μμf
Grid No.1 to filament, grid No.2, and grid No.3	16.3	μμf
Plate to filament, grid No.2, and grid No.3	14	μμf

Mechanical:

Mounting Position	Vertical, Base up or down; Horizontal, with pins 2 & 6 in vertical plane
Maximum Overall Length	7-1/2"
Seated Length	6-5/8" ± 1/4"
Maximum Diameter	2-9/16"
Bulb	T-20
Cap	Medium (JETEC No.C1-5)
Base	Medium-Metal-Shell Giant 7-Pin with Bayonet (JETEC No.A7-17)
Weight (Approx.)	8 oz.

AF POWER AMPLIFIER & MODULATOR - Class AB_1#

Maximum Ratings, *Absolute Values:*

	CCS●	ICAS●●	
DC PLATE VOLTAGE	2250 max.	2500 max.	volts
DC GRID-No.2 (SCREEN) VOLTAGE	1100 max.	1100 max.	volts
MAX.-SIGNAL DC PLATE CURRENT*	180 max.	225 max.	ma
MAX.-SIGNAL PLATE INPUT*	360 max.	450 max.	watts
MAX.-SIGNAL GRID-No.2 INPUT*	22 max.	22 max.	watts
PLATE DISSIPATION*	100 max.	125 max.	watts

Typical Operation:

Values are for 2 tubes

DC Plate Voltage	1500	2000	2250	2500	volts
DC Grid-No.3 (Suppressor) Voltage†	0	0	0	0	volts
DC Grid-No.2 Voltage**	750	750	750	750	volts
DC Grid-No.1 (Control-Grid) Voltage: ●					
From fixed-bias source	-85	-90	-95	-95	volts
Peak AF Grid-No.1-to-Grid-No.1 Voltage◆	160	160	170	180	volts
Zero-Signal DC Plate Current	50	50	50	50	ma
Max.-Signal DC Plate Current	305	265	255	290	ma
Zero-Signal DC Grid-No.2 Current	2	2	2	2	ma
Max.-Signal DC Grid-No.2 Current	45	43	53	54	ma
Effective Load Resistance (Plate to plate)	9300	16000	20000	19000	ohms
Max.-Signal Driving Power (Approx.)	0	0	0	0	watts
Max.-Signal Power Output (Approx.)	260	335	380	490	watts

Maximum Circuit Values (CCS or ICAS):

Grid-No.1-Circuit Resistance:##		
With fixed bias	30000 max.	ohms
With cathode bias	Not recommended	

RF POWER AMPLIFIER - Class B Telephony

Carrier conditions per tube for use with a max. modulation factor of 1.0

Maximum Ratings, *Absolute Values:*

	CCS●	ICAS●●	
DC PLATE VOLTAGE	2000 max.	2250 max.	volts
DC GRID-No.2 (SCREEN) VOLTAGE	400 max.	400 max.	volts
DC PLATE CURRENT	100 max.	125 max.	ma
PLATE INPUT	150 max.	200 max.	watts
GRID-No.2 INPUT	15 max.	20 max.	watts
PLATE DISSIPATION	100 max.	125 max.	watts

Typical Operation:

DC Plate Voltage	1500	2000	2250	volts
DC Grid-No.3 (Suppressor) Voltage†	0	0	0	volts
DC Grid-No.2 Voltage	400	400	400	volts

Copyright, 1955
Radio Corporation of America
TMK ®, Marca Registrada

TUBE DIVISION
RADIO CORPORATION OF AMERICA, HARRISON, NEW JERSEY

813-4-55
Photolithographed in U.S.A.

[図1] RCA 813 の規格（RCA発表のデータシートより）

納入したデッドストック品だそうです．この813からは細部にわたり当時の優れた真空管製造技術を観ることができます．なお，ジルコニウムは希少金属なので民生の量産品には使われなかったようです．管壁には「1985.02」の印がありました．

813について

図1，**2**はRCAと東芝の813のデータからの抜粋です．AB_1級，B級，特にC級動作に関してはさまざまな使用例が記載されていました．813は送信管としてだけではなく，発振増幅，変調管としても広く使われていたようです．

表1をご覧ください．RCAのプレート損失が大きいのは，プレートの材質がカーボングラファイトのためと思われます．またRCAのAB_1級の場合，スクリーングリッド電圧の最大定格は1100V，B級では400Vと記載されています．東芝のAB_1級は記されていませんが，B級で800Vなので一応A級，AB級も800Vとしておきます．

表2はオーディオ用に使われる直熱高電圧管211，845，STC 4212Eと東芝813の規格を比較したものです．まずフィラメント電力が211，845の1.5倍以上の50Wもあります．音質的には期待が持てそうですが，直流点火の場合は電流容量の大きな電源が必要となります．また3極管とビーム管の違いはありますが，増幅率μが211と845の中間ぐらいなので845よりドライブは容易です．

813の堂々としたフォルムと消費電力50Wのトリウムタングステンの輝きは，きっとオーディオ・パワー管としての存在感を示すことでしょう．

なお，813はアルテック260Aの業務用アンプにプッシュプルで使われ，最大出力はなんと260Wだそうです．

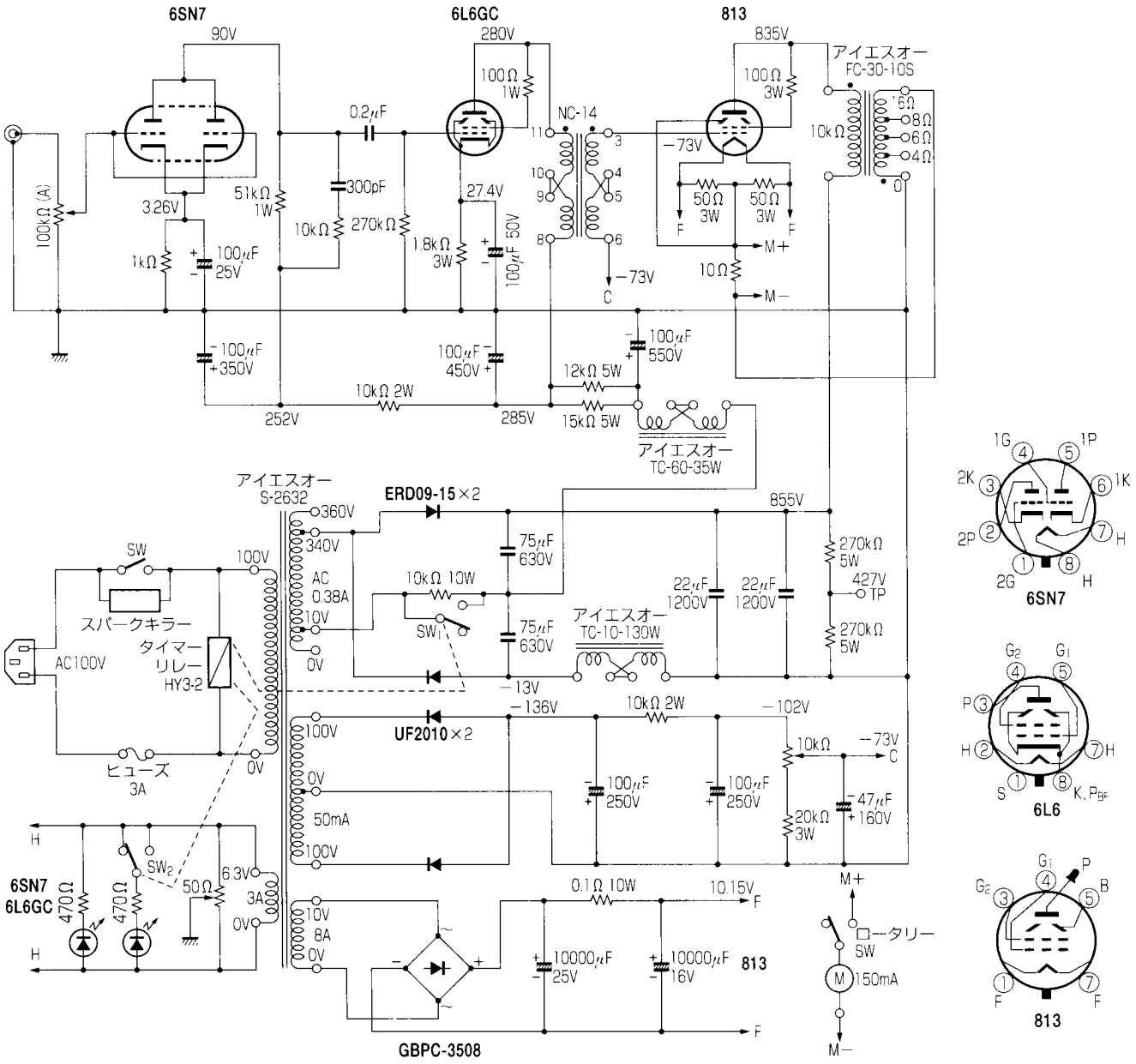
813の3極管接続

813はビーム管として使うのが本筋だと思いますが，本機では3極管接続にトライしてみます．ところがデータ表はビーム管使用のみで，3極管接続のデータは載っていませんでした．プレート電圧からおおよそのバイアス電圧とプレート電流は推測できますが，できれば3極管接続の$E_p - I_p$特性が欲しいところです．

インターネットで検索してみると，アメリカのアンプ製作者が測定したRCAの3極管接続の$E_p - I_p$特性が見つかりました．元は手書きの$E_p - I_p$特性(**図3**)には，300Bや211にも引けを取らない素直なカーブが描かれていました．アマチュアが個人で測定したデータなので，信頼性に若干不安がありますが，おおよその結果がわかればよいので使わせていただくことにしました．

最大出力の計算

図4は手書きの$E_p - I_p$特性にロ



[図7] 813シングルパワーアンプの全回路

2×√2倍以上のピーク逆耐電圧の製品を使用してください．B電圧の倍電圧整流用には，ERD09-15（3A／1500V），バイアス電圧には1N5406（3A／600V），ブリッジダイオードはGBPC3508（35A／800V）を用いています．

ラグ端子板は増幅段に山本音響工芸の1L5P，バイアス回路と813のフィラメント回路などにサンハヤトのEPA-1L3PとEPA-1L5Pを使用しました．

抵抗は信号系にリケンのRMGタイプ，東京光音電波の1Wタイプ，DALEのNS-2B（3W）を使いましたが，リケンのRMG抵抗は在庫限りですので，東京光音電波の1Wタイプをお薦めします．カップリングコンデンサーは東一電機の錫箔フィルムコンデンサー0.2μF／750V，6SN7と6L6GCのカソードパスコンにはニチコンのMUSEシリーズを使用しました．

バイアス回路の電圧調整用ボリュームは10kΩ・10回転型（ベックマン）のポテンショメーターなので微妙な電流調整も容易です．813のプレート電流チェック用メーターは筆者定番の山本音響工芸のMI-150（150mA）を用いています．

本機の全回路図を**図7**に，部品表を**表3**に示します．

(2) シャシー

ステレオにするとかなりの重量になりますから，モノーラル構成にしました．シャシーの大きさは298W×368D×65Hmmです．シャシーはステンレスの天板とアルミの底板を枠（鉄）に落とし込み，フロントパネルは4mmの梨地仕上げのアルミ板にしました．電流計をパネルのセンターに配置してアクセントとしています．

シャシーの詳細は845シングルアンプ（MJ2005年12月号）をご参

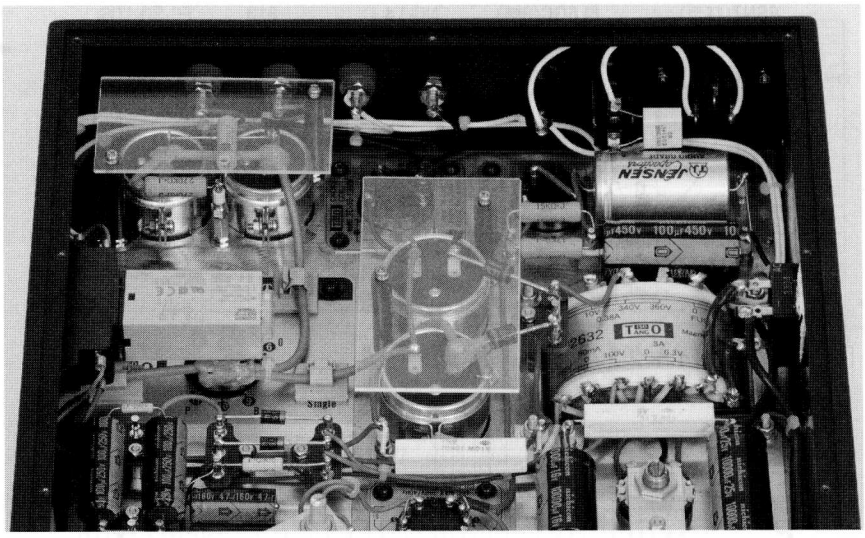
②出力段と前段のB電圧

すべての真空管とリレーを外します．電源トランスのB電圧端子(10Vと340V)の配線を戻し，スライダックで徐々に電圧を上げ，AC電圧20Vで動作テストをします．素早く高電圧のチェック端子に電圧が出ているか確かめます．無負荷ですからB電圧は高めに出ますが，問題ないようでしたらいったん電源を切り，リレーと真空管をすべて挿します．タイマーリレーを30秒にセットし，出力端子にはダミー抵抗をつなぎます．

再び電源スイッチを入れ，スライダックで徐々に電圧を上げながら，臭いや煙など異常がないか五感を働かせてください．異常がなければ電源電圧を100Vにして高電圧のチェック端子の電圧を測ります．チェック端子の電圧は265V程度になるはずです．30秒たつとリレーが働き，チェック端子の電圧は400Vより高めに出ますが，B電圧はバイアス調整後に確定します．

③バイアス電圧

次にポテンショメーターを回して，813のプレート電流を85mAにセットします．プレート電流の測定は電流測定用抵抗10Ωの両端電圧を測り，0.85Vなら85mAになります．このときの813のプレート電圧は約835V，グリッドバイアス電圧は−73になりました．バイアス電圧が，設計時の−80Vよりだいぶ浅くなっています．



高B電圧のかかる平滑コンデンサーの端子はシリコーンのシール材を塗布したうえ，アクリル板でカバー．出力トランスの1次側もシール材を塗布

なお，プレート電圧が設計値より35V高くなりましたが，本機の電源トランスの仕様ではこれ以上下げられませんのでよしとします．気になる方は電源トランスの端子電圧を10〜20Vぐらい下げてください．

前段は，回路図に近い電圧が出ていれば問題ありません．波形観測では1kHzの方形波にひげが出ていましたので，6SN7のプレート抵抗に位相補正回路(300pF＋10kΩ)を挿入しました．

特　性

電源投入後30分経過してから測定を始め，入力ボリュームは最大にしてあります．

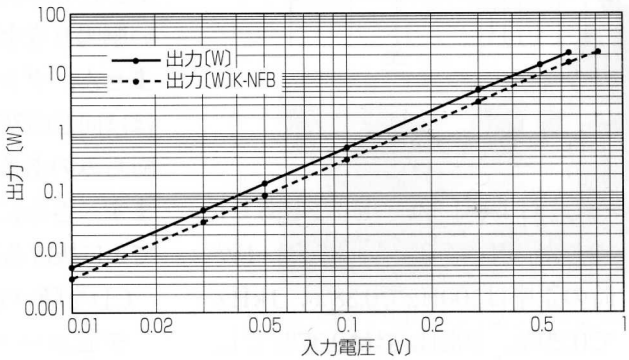
(1)　入出力特性

出力の増大に伴い波形の先端が丸まりますが，なかなかクリップしません．一応歪率5%(1kHz)のポイントを最大出力としました．K-NFBなしでの最大出力は21.1Wになり，設計時に予測したA$_2$領域まで十分ドライブされているようです．このときの入力電圧は0.64Vになりました(**図8**)．K-NFBありの場合の最大出力は22.78W(入力0.82V)でした．オシロ写真は最大出力(K-NFB)時の出力波形です．

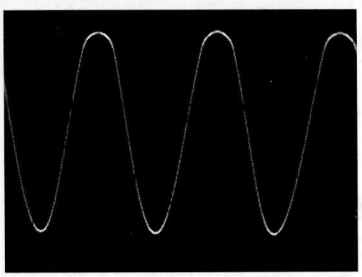
なお，K-NFBは実測で2.1dBかかっていました．**図9**は本機のゲインダイヤグラムです．トータルゲインは21.8(K-NFBなし)と17.2(K-NFBあり)になりました．

(2)　周波数特性

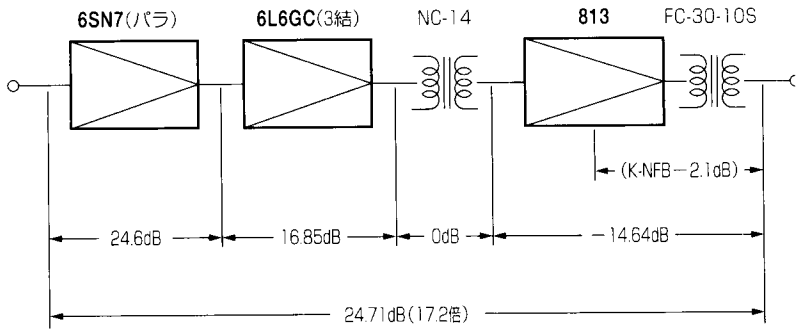
K-NFBなしの場合，10Hzで−3.8dB，高域側は55kHzで−3dBでしたが無帰還トランスドライブとしては優秀な部類です．K-NFB



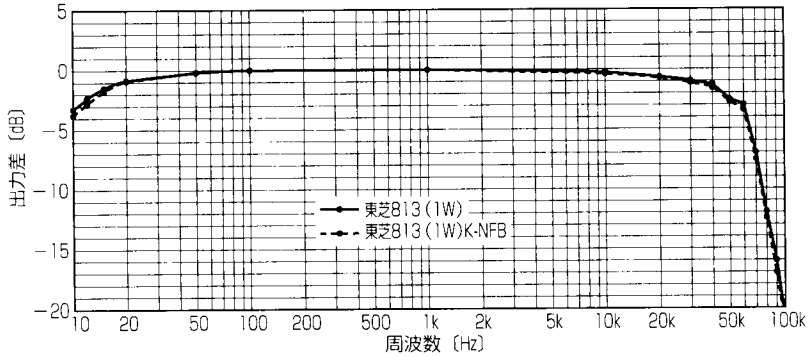
[図8] 入出力特性



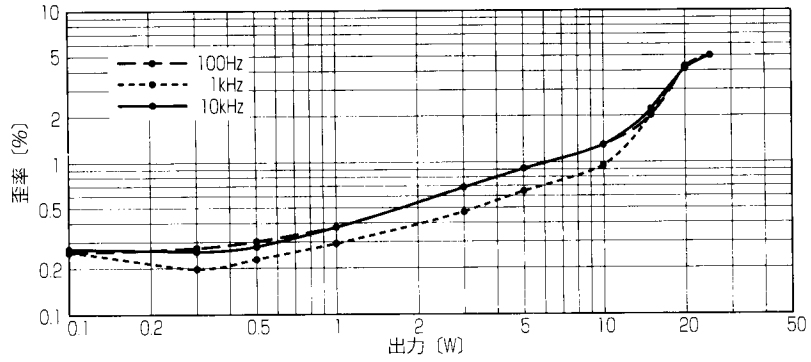
1kHz正弦波，22.78W/8Ωの出力波形．明瞭なクリップは起きていない



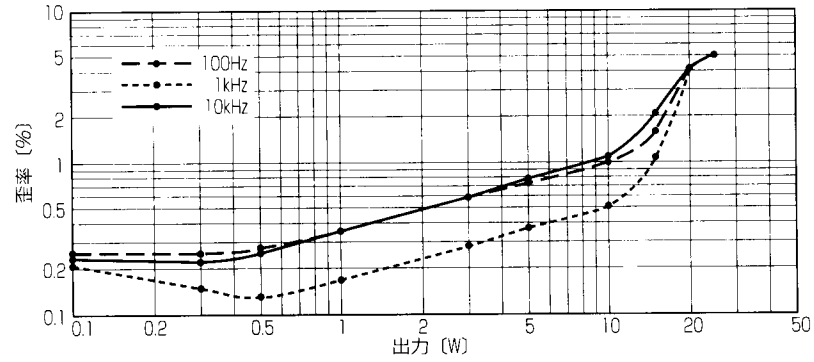
[図9] ゲインダイヤグラム



[図10] 周波数特性



[図11] 歪率特性(K-NFBなし)



[図12] 歪率特性(K-NFBあり)

をかけても大きな違いはありません(**図10**).

(3) 歪率特性

残留ノイズは約2.1mV(K-NFBなし)および1.5mV(K-NFBあり)でした. K-NFBなしの場合, 1W時の歪率は100Hzで0.38%, 1kHzで0.29%, 10kHzでは0.37%でした. 直熱無帰還アンプの一般的な値です(**図11～13**). K-NFBを掛けると当然ですが歪率は良くなります. **図13**は1kHzの歪率を比較したグラフです.

(4) ダンピングファクター特性

ON-OFF法で測定しました. K-NFBなしの1kHzのダンピングファクターは3.57で300Bシングルに近くなり, K-NFBありのダンピングファクター5は845シングルと同じ値になりました(**図14**).

(5) 方形波特性

オシロ写真はK-NFBありの方形波応答です. 10kHzの方形波のうねりは, トランスドライブの場合によく見られる波形です. 0.1μFの純容量負荷に対してもまったく問題ありませんでした.

ヒアリング

ヒアリングに使用したラインアンプは, 新作のRCA71Aアンプではなく, 今まで使ってきたコントロールアンプ(2000年12月号)にしました.

まず, K-NFB ありとなしを試聴しましたが, K-NFBを掛けないほうが音に勢いと厚みがあり筆者の好みでしたので, K-NFBなしでヒアリングをすることにしました.

全帯域にわたって抜けが良く, 混濁が少ないサウンドは高電圧の送信管特有の傾向です. 低域のかぶりが少ないので, 一聴すると中高域寄りの感じがしますが, バスドラムのアタックやベースの力強い胴鳴りなどまったく申し分ありません. ダンピングファクターがほぼ同じの300Bシングルアンプの膨らみのある低域とは趣を異にします. さらに, 独特の色気をもって天に抜ける高域は格別です.

CDを聴いてみました.

デビュー・アルバムの『ムー